



面向21世纪高等职业教育精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目优秀教学成果

(第2版)

机加工实训

主编◎徐小国

Machine Work
Reality Model



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向 21 世纪高等职业教育精品课程规划教材
高等职业教育课程改革项目优秀教学成果

机加工实训

(第 2 版)



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要内容有车削的基本知识、车外圆柱面、车槽和切断、车内圆柱面、车内外圆锥面、车成形面和表面修饰、螺纹加工、车偏心工件、复杂工件的车削等。

本书主要供高等职业技术学校机械类专业使用,也可作职业培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机加工实训/徐小国主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社, 2009.8

ISBN 978-7-5640-0752-2

I. 机… II. 徐… III. 机械加工 IV. TG506

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第147645号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中华美凯印刷有限公司

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/13.75

字 数/283千字

版 次/2009年8月第2版 2009年8月第6次印刷

印 数/16001~20000册

定 价/25.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

再版说明

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用,北京理工大学出版社根据高等职业教育发展与改革的新形势,于2006年组织知名专家、学者,与生产制造企业的技术人员反复研讨,以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想,确立了“满足制造业对人才培养的需求,适应行业技术改革,紧跟前沿技术发展”的思路,编写了“21世纪高职高专机电类系列规划教材”。

两年多来,中国社会发生着巨大的变化,中国制造业不断地发展前进,中国的职业教育也在不断地进步和成熟,同时,我社接到许多读者和教师的来函来电,给我们提出了许多宝贵的意见。为了适应社会需求和教育思想的转变,也为了改进我们的工作,我社于2008年集中优秀的作者力量对本系列教材进行了再版,并在2009年陆续予以出版。

随着我国职业教育的不断发展,高职教育正处于摸索和改革的重要阶段,使课程建设与职业需求有效地接轨,是我国高职教育改革的重点。当今,职业教育课程改革止步不前的原因在于课程微观内容的设计与编排远未跳出学科体系的藩篱,因而在这一传统观念束缚下编写的教材始终不能适应职业工作的需要。一般来说,课程内容可分为两大类:一类是涉及事实、概念以及理解、原理方面的“陈述性知识”,主要解决“是什么”(事实、概念等)和“为什么”(原理、规律等)的问题;一类是涉及经验以及策略方面的“过程性知识”,主要解决“怎么做”(经验)和“怎么做更好”(策略)的问题。显然,就业导向的职业教育首先要解决的是内容的取舍问题,应以过程性知识为主、陈述性知识为辅,即以实际应用的经验和策略的习得为主、以适度够用的概念和原理的理解为辅。

基于这一理念,此次再版本着“紧跟课改、理念先进、内容实用、教师好教、学生爱学”的理念,在形式和内容上进行了改进,如:

1. 在目录之后加上该门课程对应岗位及岗位需求知识点，让学生明确学习目的和目标；
2. 通过加强图表的应用，来增强教学过程中的直观性，以达到理论够用、突出实践的目的；
3. 加强案例和实践项目在教学中的运用，以达到提高学生技能的目的；
4. 灵活运用知识拓展模块，给有学习兴趣的学生提供更多的知识；
5. 协同企业共同打造应用性更强、实践性更好的应用型教材；
6. 打造丰富的立体教学资源平台，简化教师的教学和学生的预习复习过程。

本套教材适用于作为高职高专机电一体化、数控技术、机械制造与自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训。

由于我们的能力有限，并且深感知识世界的广袤无垠，谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

北京理工大学出版社

第 1 版前言

本书是根据国家教育部数控技术应用专业技能紧缺型人才培养方案与劳动和社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范，结合编者多年的教学实践经验编写而成。

为了更好地满足全国职业技术学院机电类专业教学的要求，本着突出技能训练、培养学生具有较强动手能力的要求，本书采取由浅入深、将专业理论知识融入相关训练课题的做法，使学生在技能训练过程中能够反复学习、理解、熟悉基本理论，变枯燥学习为实际运用，变被动接受知识为主动求知，最终达到掌握本专业（工种）知识和技能的目的。

本书在内容组织上先理论后实践，共分为 11 章，系统全面地介绍了车削的基本知识、车外圆柱面、车槽和切断、车内圆柱面、车内外圆锥面、车成形面和表面修饰、螺纹加工、车偏心工件、复杂工件的车削等。

本书有如下特点：

1. 有效地把培训中理论与操作技能有机结合；
2. 图文并茂，形象直观，文字简明扼要，通俗易懂；
3. 让学员由浅入深，理论联系实际，逐步掌握机加工的基本操作技能及相关的工艺知识；
4. 让学员在工业生产中，能完成生产任务并能分析问题、解决问题。

只要按书中实例的方法和步骤完成，就能得到充分的技能训练。本书可作为高职高

专数控技术应用专业、机械制造专业、模具设计与制造专业、制造专业以及机电技术应用专业的实训教材。

本书由江苏联合职业技术学院无锡交通分院徐小国、钱智慧、周汝华、沈晓伟编写，徐小国主编。另外在本书的编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料及文献，并得到了江苏联合职业技术学院各分院校的大力支持，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

第 2 版前言

本书是为适应培养 21 世纪技能人才的需要，满足全国职业技术学校机电类专业教学的要求，本着突出技能训练，培养学生具有较强动手能力的要求组织编写的。新编教材采取由浅入深，将专业理论知识融入相关训练课题的做法，使学生在技能训练过程中能够反复学习、理解、熟悉基本理论，变枯燥学习为实际运用，变被动接受知识为主动求知，最终达到掌握本专业（工种）知识和技能要求的目的。

本书主要供高等职业技术学校机械类专业使用，也可作为职业培训教材。其主要内容有车削的基本知识、车外圆柱面、车槽和切断、车内圆柱面、车内外圆锥面、车成形面和表面修饰、螺纹加工、车偏心工件、复杂工件的车削等。

本书由江苏省无锡交通高等职业技术学校徐小国、钱智慧、周汝华、沈晓伟编写，徐小国主编。

由于时间仓促和编者水平有限，该书尚有不足之处，请专家和同行批评指正。

编 者

目 录

第一单元 预备知识	(1)
第二单元 车削加工的基本知识	(10)
课题一 入门知识	(10)
课题二 钳工基本操作	(12)
课题三 车床操作	(17)
课题四 工件的装夹和找正	(20)
课题五 车刀的刃磨	(23)
课题六 车床的润滑和维护保养	(30)
第三单元 车外圆柱面	(34)
课题一 车外圆、平面和台阶	(34)
课题二 钻中心孔	(49)
课题三 用两顶尖装夹车轴类零件	(52)
课题四 一夹一顶车轴类零件	(56)
第四单元 车槽和切断	(60)
课题一 切断刀和车槽刀的刃磨	(60)
课题二 车外圆沟槽	(64)
课题三 车平面槽和 45° 外斜沟槽	(67)
课题四 切断	(70)
第五单元 车内圆柱面	(73)
课题一 麻花钻的刃磨	(73)
课题二 钻孔	(77)
课题三 车直孔	(80)

课题四	车台阶孔、平底孔	(84)
课题五	车内沟槽	(87)
课题六	车三角皮带轮	(91)
课题七	铰孔	(94)
课题八	复合作业综合技能训练	(97)
第六单元	车内外圆锥面	(101)
课题一	转动小滑板车外圆锥面	(101)
课题二	偏移尾座车削圆锥面	(107)
课题三	车内锥孔	(111)
第七单元	车成形面和表面修饰	(117)
课题一	滚花及滚花前的车削尺寸	(117)
课题二	车成形面和表面修光	(119)
第八单元	螺纹加工	(127)
课题一	内、外三角形螺纹车刀的刃磨	(127)
课题二	车三角形外螺纹	(129)
课题三	在车床上套螺纹、攻螺纹	(139)
课题四	车削三角形内螺纹	(143)
课题五	高速车削三角形内外螺纹	(145)
课题六	车削圆锥管螺纹	(147)
第九单元	车削方牙、梯形螺纹	(149)
课题一	内外方牙、梯形螺纹车刀的刃磨	(149)
课题二	车削方牙螺纹	(152)
课题三	车削梯形螺纹	(154)
课题四	车削梯形内螺纹	(158)
第十单元	车削蜗杆、多线螺纹	(160)
课题一	车削蜗杆	(160)
课题二	车削多线螺纹	(163)

第十一单元	车偏心工件	(167)
课题一	在三爪自定心卡盘车偏心工件	(168)
课题二	在四爪单动卡盘上车偏心工件	(170)
课题三	在两顶尖间车偏心工件	(173)
第十二单元	复杂工件的车削	(176)
课题一	找正十字线练习	(177)
课题二	在四爪单动卡盘上装夹、车对称工件	(180)
课题三	在花盘上装夹、车工件	(183)
课题四	在角铁上装夹、车工件	(186)
课题五	在中心架上装夹、车工件	(189)
课题六	在跟刀架上装夹、车细长轴	(196)
课题七	车十字轴、十字头工件	(200)
课题八	车深孔工件	(203)
参考文献		(207)

第一单元 预备知识

一、实习教学要求

- (1) 了解金属材料性能的分类。
- (2) 掌握金属材料的工艺性能。
- (3) 掌握如何区分黑色金属和有色金属。

二、相关工艺知识

作为一名合格的车工，首先必须了解自己的工作对象及工作特点，掌握有关车床、工件材料、刀具材料和公差配合的基本知识，并掌握一些基本的测量技术，在此基础上，努力学习和掌握有关车工基本的操作技能，并通过实践提高自己的技术水平。在生产实习过程中，我们常见的各种机械设备和生产产品，绝大部分是由金属材料制成的。金属材料在工业生产中起着举足轻重的作用，因此，对于从事机械加工的技术工人，了解一些常见金属材料的基本知识是十分必要的。

1. 金属材料的性能

金属材料的性能可以大致分为两类，一类称为使用性能，反映材料在使用过程中表现出来的特性；另一类称为工艺性能，反映材料在制造过程中的各种特性。使用性能又可分为机械性能、物理性能、化学性能等。使用性能决定了材料的适用范围、安全可靠性与使用寿命。

(1) 材料的机械性能。机械零件在使用过程中，受到不同形式的外力作用，当这些外力超过某一限度时，就会发生变形，甚至断裂破坏。在生产实践中，机械性能常作为选择材料的主要依据之一，同时也是车工选择切削参数、刀具材料和几何角度的依据之一。机械性能的常用基本指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

① 强度和塑性。所谓强度就是指材料抵抗外力变形和破坏的能力。强度的指标主要有两个，一个是强度极限，又称为抗拉强度，用 σ_b 表示，单位 N/mm^2 或 MPa 。 σ_b 表示材料受拉而不至于断裂的最大应力，用公式表示如下

$$\sigma_b = \frac{P_b}{S_0}$$

另一个是屈服极限, 又称屈服强度, 表示材料在拉伸实验时开始大量产生塑性变形时的应力, 单位 N/mm^2 , 用 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{S_0}$$

式中 P_b ——试样拉断前的最大拉力, N ;

P_s ——试样开始产生大量塑性变形时的拉力, N ;

S_0 ——试样原始截面积, mm^2 。

② 硬度。硬度是金属表面抗御外物压入的能力, 它表示金属材料的坚硬程度。常用的硬度指标根据压力和压头的不同, 可分为布氏硬度 (HB)、洛氏硬度 (HRA、HRB、HRC) 和维氏硬度 (HV)。其中以布氏硬度 (HB) 和洛氏硬度 (HRC) 最为常用。布氏硬度常用以测量低硬度金属 ($\text{HB} \leq 450$), 洛氏硬度常用于测量 HRC 20 ~ 70 范围内的金属硬度。

布氏硬度和洛氏硬度的大致关系如下。

$$\text{HRC} \approx \frac{1}{10} \text{HB}$$

③ 冲击韧性。金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的性能称为冲击韧性, 单位 J/cm^2 , 用 a_k 表示:

$$a_k = \frac{A_k}{S}$$

式中 A_k ——冲击破坏所消耗的功, J ;

S ——试样断口截面积, cm^2 。

④ 疲劳强度。在工程中有些机械零件经常受到反复变化的交变应力的作用。在这种交变应力的作用下, 零件常常会在远小于强度极限, 甚至小于屈服极限的应力长期作用下突然断裂, 这种现象称为“疲劳”。

金属材料在无数次重复的交变载荷作用下, 而不至于断裂的最大应力称为疲劳强度 (或称疲劳极限), 用 σ_{-1} 表示。影响材料疲劳强度的因素很多, 且比较复杂, 其中, 零件的表面质量是其原因之一。

(2) 材料的工艺性能。零件在制造过程中, 要进行各种加工, 如铸造、锻造、焊接和切削加工等, 金属材料适应各种加工工艺的性能就称为工艺性。它包括铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性能。

① 铸造性。铸造性主要指金属材料适应铸造工艺制成优良铸件的性能。它包括金属在液态流动和凝固过程中的收缩和偏折的倾向。

② 可锻性。可锻性是指金属材料承受压力加工（锻造）而变形的能力。可锻性包括金属的塑性与变形抗力两个方面，塑性大，锻压容易。

③ 可焊性。可焊性是指材料是否适应一般的焊接方法和焊接工艺的性能。可焊性好的材料容易用一般焊接方法和焊接工艺施焊，焊缝缺陷少，接头的性能更接近于基体。

④ 切削加工性。切削加工性是指材料是否易于切削的性能。切削性能好的材料在切削时消耗的动力小，刀具寿命长，切削流畅易折断脱落，加工后表面质量好。

影响工件材料切削加工性的因素很多，主要有以下几个方面。

a. 机械性能的影响。材料的机械性能对切削加工性能影响很大。通常，材料的硬度和强度越高，则切削时的抗力就越大，切削温度也越高，从而加剧刀具的磨损，因此，切削加工性越差。例如，高强度钢材比一般钢材难加工，冷硬铸铁比灰铸铁难加工，淬硬钢比正火和退火钢难加工。

但是，并非材料硬度越低就越好加工。一般，硬度适中的材料切削加工性能较好，而有些金属，如低碳钢、纯钢、纯铁等，硬度较低，但塑性很高，加工性能较差。这是因为塑性较高的材料加工变形和硬化现象都比较严重，切削与刀具表面的冷焊现象比较严重，并且不易断屑，不易获得较好的加工表面质量。同时，切削与刀具前刀面的接触长度较长，增加切削的摩擦阻力，所以，这些材料的切削加工难度比较大。

b. 物理性能的影响。材料的物理性能对切削性能的影响主要表现在导热系数和线膨胀系数。在切削时所产生的切削热大部分是由切削带走或通过工件散出去，工件材料的导热系数越大，越有利于降低切削区的温度，故切削性能越好。反之，切削性能就越差。此外，线膨胀系数大的材料，加工时热胀冷缩的现象比较严重，工件的尺寸精度不易控制。

c. 化学成分的影响。如上所述，材料的物理、机械性能对切削性能影响很大，但是，材料的物理性能和机械性能往往取决于材料的化学成分。例如，钢的含碳量的多少会影响钢的强度和塑性，从而影响其切削性能。对于加入合金元素的钢材，情况就比较复杂。合金元素对材料的切削性能影响比较大，一般来讲，磷、硫、铅等元素能显著改善材料的切削性能，如易切钢就是在钢中加入了一定量的上述元素，所以它们的切削性能很好。而铬、钼、钨、镍等元素有恶化切削性能的作用。

此外，热处理状态对材料切削性的因素往往是综合性的，较好地了解和掌握这些性能，对于正确地选用刀具材料和几何参数是十分有益的。

2. 工件材料

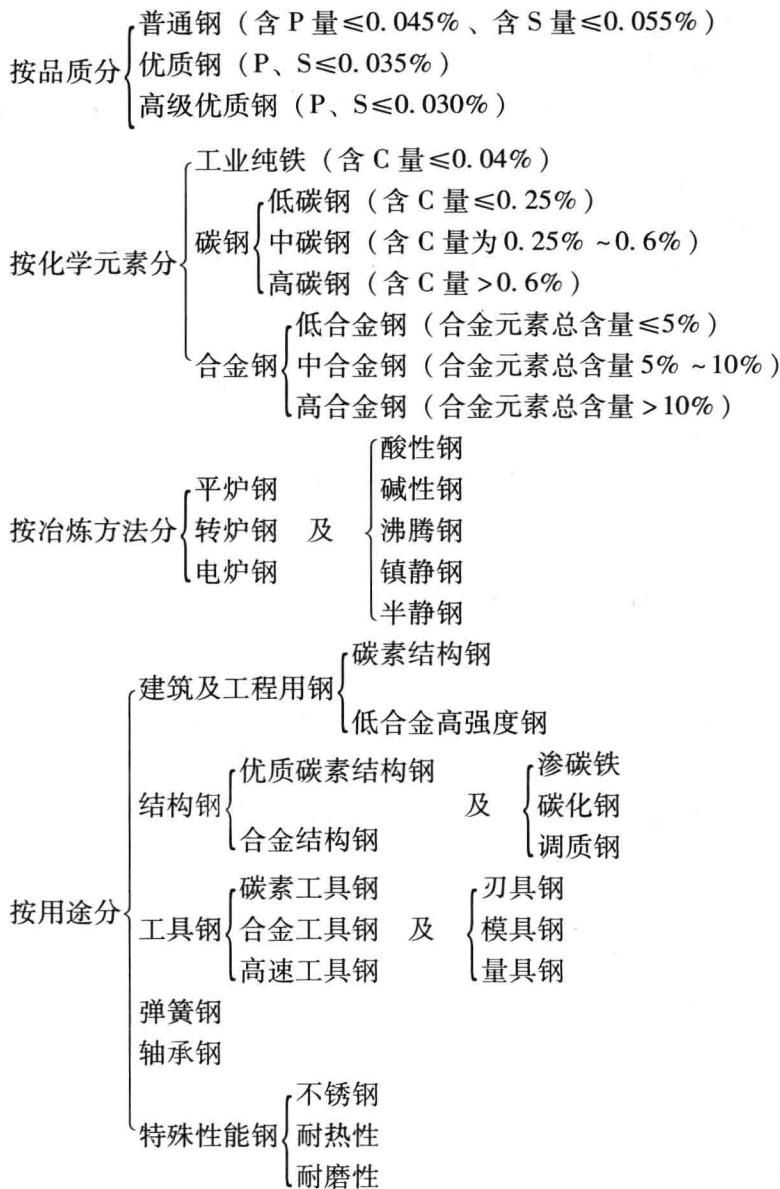
工件材料分金属和非金属材料两种，其中，大部分工件是由金属材料制成的。在工程上，金属材料可分为黑色金属和有色金属两大类。

1) 黑色金属

黑色金属分为钢和生铁两类，钢指含碳量在2%以下并含有某些其他元素的可变形铁碳合金；生铁主要指含碳量大于2%的铁碳合金，它包括炼钢生铁、铸造生铁（俗称铸铁）和

铁合金。

(1) 钢。钢的种类很多,其常见的分类方法如下。



钢的名称、用途、特性和工艺方法,一般采用汉语拼音的缩写字母来表示。钢的含碳量及合金元素均用数字表示,含碳量写在牌号的前面,合金元素的含量写在相应化学元素符号的后面。结构钢含碳量以万分之几为单位(两位数字表示),合金元素以百分之几表示,当

合金元素含量小于 1.5% 时, 钢号中仅标元素符号, 一般不标含量。工具钢含碳量以千分之几为单位; 合金工具钢、高速工具钢、高碳轴承钢等, 一般不标出含碳量, 若平均含碳量小于 1.00% 时, 用一位数字表示含碳量 (千分之几为单位)。

高级优质钢在牌号末尾加注 “A”。

(2) 铸铁。铸铁是一种铁碳合金。工程上将含碳量为 1.7% ~ 6.67% 的铁碳合金统称为铸铁。但常用铸铁的含碳量为 2.0% ~ 4.0%, 其碳元素主要是以石墨形式存在。石墨的强度、塑性和硬度极低, 对金属基体起削弱作用, 其削弱的程度取决于石墨的形式、分布和数量。

根据化学成分、生产工艺、组织和性能特点的不同, 铸铁可分为灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁和特殊性能铸铁 (包括耐热、耐磨、耐蚀铸铁等)。

① 灰铸铁。灰铸铁俗称灰口铸铁, 因其断面呈暗灰色而得名。由于灰铸铁中碳元素大部分或全部以片状石墨的形式存在, 因此, 在切削加工时, 切屑呈崩碎状。同时, 由于石墨有润滑作用, 可以减轻刀具的磨损, 延长刀具耐用度, 所以, 灰铸铁具有良好的切削性能。同时, 由于灰铸铁具有良好的铸造性能、减震性能和在润滑条件下的减磨性能, 且价格低廉, 因而被大量应用在各种机械上, 如齿轮箱壳体、机床床身等。由于片状石墨的尖端易产生应力集中, 所以灰铸铁强度较低。

灰铸铁的牌号用 “HT” 表示, 并按抗拉强度 (σ_b) 分为 6 个等级 (表 1-1)。

表 1-1 灰铸铁的牌号

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b \geq \text{MPa}$
HT100	100
HT150	150
HT200	200
HT250	250
HT300	300
HT350	350

② 球墨铸铁。在铁水中加入一些稀土元素或镁钙等元素及其合金, 使铸铁中的石墨成为球状, 这种铸铁就称为球墨铸铁, 所加入的元素或合金成为球化剂。由于石墨呈球状, 降低了石墨对基体的削弱作用, 从而使球墨铸铁的机械性能显著改善, 强度接近碳素铸钢和低合金钢。因此, 球墨铸铁不但可以用于制造一般机械零件, 而且可以用来制造一些能承受较大载荷和冲击的重要零件, 如大型水轮机主轴、大马力柴油机曲轴、齿轮及柴油机凸轮轴等。

球墨铸铁的牌号用字母 “QT” 表示, 牌号后面的数据分别表示抗拉强度 σ_b 和延伸率 δ 。

球墨铸铁根据单铸试块的机械性能分为 9 级牌号 (表 1-2)。

表 1-2 球墨铸铁的牌号

牌 号	$\sigma_b \geq \text{MPa}$	$\sigma_{0.2} \geq \text{MPa}$	$\delta\%$	HB
QT900-2	900	600	2	280~360
QT800-2	800	480	2	245~335
QT700-2	700	420	2	225~305
QT600-3	600	370	3	190~270
QT500-7	500	320	7	170~230
QT450-10	450	320	10	160~210
QT400-15	400	250	15	130~180
QT400-18 ^①	400	250	18	130~180
QT400-18L ^①	400	250	18	130~180

注：① 两种牌号材料的区别在冲击试验值不同。

③ 可锻铸铁。可锻铸铁亦称为韧铁，它由一定成分的白口铸铁经退火而获得，适用于动载荷下要求塑性和韧性较高，壁厚小于 30 mm 的铸铁。

可锻铸铁经石墨化退火后，按其基体组织的不同，可分为黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁。在牌号中黑心可锻铸铁用字母“KTH”；珠光体可锻铸铁用字母“KTZ”表示，后面的数据分别表示抗拉强度 σ_b 和延伸率 δ （表 1-3）。

表 1-3 可锻铸铁的牌号

分 类	牌 号	σ_b	$\sigma_{0.2}$	$\delta\%$	HB
		MPa		$(L_0 = 3d)$	
		不 小 于			
墨心可锻 铸铁	KTH300 - 06	300	—	6	不大于 150
	KTH330 - 08	330	—	8	
	KTH350 - 10	350	200	10	
	KTH370 - 12	370	—	12	
珠光体可锻 铸铁	KTZ450 - 06	450	270	6	150 ~ 200
	KTZ550 - 04	550	340	4	180 ~ 230
	KTZ650 - 02	650	430	2	210 ~ 260
	KTZ700 - 02	700	530	2	240 ~ 290

2) 有色金属

有色金属又称为非铁合金。在我国通常指元素周期表中除铁、铬和锰以外的所有金属。